

**‘Méthode et dispositif de fabrication
de crayons de combustible MOX non contaminés’**

Domaine de l'invention

5 La présente invention concerne une méthode de fabrication de crayons de combustible MOX non contaminés, au départ de pastilles, dans une enceinte de confinement en dépression, la méthode comportant les opérations suivantes pour un crayon :

- un chargement des pastilles en colonnes successives dans une gaine munie
10 préalablement d'un premier bouchon à une de ses deux extrémités,
- un chargement de différents composants structuraux, notamment d'un ressort de maintien,
- un emmanchement d'un second bouchon à l'autre extrémité de la gaine,
- un soudage périphérique dudit second bouchon, et
- 15 - au moins un nettoyage et au moins un contrôle de la contamination des parties de ladite gaine ou respectivement du crayon ayant été exposées à une éventuelle contamination.

 Le recyclage du plutonium, issu du retraitement des combustibles nucléaires à usage civil ou résultant des programmes de démantèlement des armes nucléaires, par la fabrication de combustible frais à oxyde mixte (Mixed OXide ou MOX en anglais)
20 d'uranium/plutonium à destination des réacteurs nucléaires commerciaux, est en cours d'industrialisation et de mondialisation.

 L'industrialisation passe entre autres par

- l'automatisation des opérations de fabrication,
- la limitation de l'exposition du personnel d'exploitation aux rayonnements ionisants et
- 25 - la réduction des effluents liquides et solides.

 La mondialisation voit accéder à cette technologie de recyclage les grandes puissances, qu'elles soient politiques, économiques ou démographiques (US, Japon, Russie,

- 2 -

Inde, Chine,...). L'Europe occidentale entretient une certaine avance dans le développement de procédés industriels dans ce domaine.

La recherche de compétitivité par les producteurs d'électricité, liée à la libéralisation de leur marché, pousse les concepteurs de combustible nucléaire à limiter la fréquence des rechargements des coeurs des réacteurs, en recherchant des taux d'épuisement du combustible sans cesse croissants lors du déchargement, tant pour le combustible UO_2 que pour le combustible MOX (par exemple, 50 GWd/t). Cela a pour conséquence de viser à produire des combustibles MOX à plus haute teneur fissile en plutonium, et avec des plutoniums civils de composition isotopique de plus en plus dégradée, c'est-à-dire avec des combustibles dont l'activité alpha ne cesse de s'accroître.

Pour la maîtrise de la sûreté des usines de fabrication de combustible MOX (prévention des risques d'ingestion/inhalation par les opérateurs), de la sûreté des transports et de la sûreté des réacteurs nucléaires de puissance (non contamination des circuits primaires), il importe que les crayons de combustible MOX chargés sous forme d'assemblages ne soient pas ou ne soient que très faiblement contaminés sur la surface externe de leur gaine, laquelle assure, avec ses bouchons soudés d'extrémité, le confinement des pastilles MOX.

La présente invention concerne des opérations de fabrication de crayons de combustible MOX, en particulier des opérations de chargement des pastilles fortement contaminées dans la gaine, et d'emmanchement et de soudage du second bouchon d'extrémité, et concerne des méthodes et dispositifs pour produire industriellement des crayons de combustible MOX non contaminés, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des opérations de décontamination chimique ou électrolytique par voie humide, polluantes et à risques de criticité augmentés.

Pour rappel, un crayon de combustible nucléaire est généralement constitué d'une gaine métallique (le plus souvent en alliage de zirconium ou en acier inoxydable), de pastilles de combustible (le plus souvent en oxyde d'uranium ou d'uranium/plutonium), d'un ressort de maintien et de deux bouchons d'extrémité soudés qui assurent l'étanchéité aux gaz et le confinement des matières nucléaires. Ces crayons sont remplis d'un gaz inerte conducteur (le plus souvent, de l'hélium) pressurisé ou non. Le jeu entre pastilles et gaine

- 3 -

est très limité (par exemple, de l'ordre de 150-200 μ pour les réacteurs à eau légère). D'autres composants structuraux que le ressort de maintien cité plus haut peuvent être chargés en tête ou en pied du crayon (par exemple un tube intercalaire, des pastilles d'isolation, des "getters", des pastilles de couverture, ...).

5 Lors de la fabrication de crayons de combustible, il importe que la méthode de chargement des pastilles dans la gaine.

- limite les parties de gaine exposées à la contamination et l'importance de cette contamination, aux fins de limiter voire d'éviter les opérations de nettoyage/décontamination; en particulier, évite d'incruster de la contamination dans la
10 surface externe de la gaine, notamment dans la face d'extrémité ouverte constitutive du joint de soudure du second bouchon, ces éventuelles incrustations contribuant à augmenter le taux de crayons rebutés par non satisfaction des critères de contamination externe,
- évite de solliciter les pastilles céramiques au-delà du nécessaire, aux fins d'éviter de
15 produire des éclats générateurs de blocages mécaniques lors du chargement et de produire, suite à l'introduction éventuelle de ces éclats dans la gaine, des crayons défectueux en raison d'espaces excessifs entre pastilles successives.

Etat de la technique

20 La fabrication de crayons de combustible nucléaire, en particulier de combustible MOX, comprend donc diverses opérations déjà citées, qu'il est utile de rappeler avant de décrire l'état de la technique, tel qu'il a été rendu public et est connu des inventeurs. Ces opérations sont généralement réalisées dans des enceintes de confinement assurant une protection de l'environnement et des opérateurs contre les émetteurs α (et
25 également β , γ) :

- présentation d'un gaine munie de son premier bouchon étanche,
- chargement des pastilles dans la gaine,
- chargement du ressort de compression des pastilles;
- remplacement de l'air de la gaine par un gaz inerte,

- 4 -

- nettoyage/décontamination de la partie de la gaine exposée à la contamination lors du chargement des pastilles,
- emmanchement du second bouchon,
- soudage périphérique du second bouchon,
- 5 - pressurisation éventuelle de la gaine, séparément ou en même temps que le soudage précédent,
- soudage éventuel d'un queue-sot, dans le cas d'une pressurisation séparée,
- mesure de la contamination de la partie de la gaine exposée à la contamination.

- Les techniques mises en oeuvre par les fabricants visent à rencontrer divers
- 10 objectifs qui peuvent parfois être contradictoires. Citons quelques exemples non limitatifs :
- sûreté d'exploitation : en particulier, limitation du risque de criticité lié à l'usage de liquides modérateurs de neutrons, et du risque d'incendie/explosion, par exclusion de solvants de nettoyage volatils; confinement des matières radioactives, en particulier des émetteurs α , dans des enceintes étanches, de type boîtes à gants par exemple,
 - 15 - qualité du crayon de combustible produit : en particulier, qualité de la soudure (absence d'oxydation, d'inclusions, ...), absence d'éclats générateurs d'espaces entre pastilles, non contamination externe fixe ou transférable,
 - industrialisation des opérations de fabrication : automatisation des opérations; productivité; limitation de l'exposition des opérateurs aux rayonnements ionisants
 - 20 (exposition externe ou interne); limitation des effluents solides et liquides produits lors des opérations de nettoyage/décontamination.

- La recherche de ces objectifs peut conduire à choisir un ordre particulier pour réaliser les opérations décrites ci-dessus, ou à des options technologiques particulières pour réaliser telle ou telle opération afin de faciliter l'ensemble de ces opérations, au plan
- 25 de la sûreté, de l'efficacité ou de la limitation des effluents, ou pour améliorer la qualité des produits. Citons ci-après quelques techniques qui influencent les procédés de fabrication de combustible MOX :

- maîtrise de l'empoussièrément des pastilles avant remplissage, par rectification humide ou sèche, par dépoussiérage des pastilles par voie mécanique ou par laser, par

- 5 -

limitation de la fraction de rebuts recyclés dans les pastilles, par manipulation douce des pastilles,...

- chargement des pastilles dans une gaine sous air ou azote, ce qui implique de diluer celui-ci par de multiples remplissages en gaz inerte ou de tirer le vide dans la gaine afin d'y introduire ensuite le gaz inerte et, ce faisant, de contaminer l'extrémité ouverte du crayon (déjà pourvue ou non de son second bouchon),
- placement d'un second bouchon à serrage ou non, soudé circonférentiellement par le procédé TIG (Tungsten Inert Gas) le plus répandu, ce qui autorise la pressurisation dans un autre axe de travail ou une autre machine; alternativement, procédé de soudage assurant le soudage du second bouchon et la pressurisation en une seule opération (soudage par résistance ou par laser).

Diverses inventions existant en rapport avec le domaine de la présente invention sont reprises ci-après, à titre d'exemples non exhaustifs, selon qu'il y a

- utilisation d'un dispositif de centrage pour l'introduction des pastilles dans la gaine, en l'absence de dispositifs particuliers de confinement (du type boîte à gants) :
 - centrage fixe et de forme cylindrique/tronconique (voir US 4 980 119, US 4 748 798, US 5 251 244),
 - centrage triple (un fixe + deux intermédiaires) et de révolution (voir US 3 940 908),
 - centrage fixe en forme de V (voir US 3 907 123),
 - centrage fixe à section polygonale ou carrée (voir US 4 942 014), ou
- utilisation d'un dispositif de centrage pour l'introduction des pastilles dans la gaine, monté dans une enceinte de confinement (du type boîte à gants) :
 - centrage fixe tronconique monté au centre de l'enceinte (voir US 3 925 965)
 - centrage monté en limite des deux zones active et inactive de l'enceinte de confinement, la zone active étant réservée au chargement des pastilles (voir WO 98/26428).

Notons: que ce dernier document mentionne la division de l'enceinte en seulement deux compartiments.

L'ensemble des dispositifs ci-dessus connus des inventeurs ne répond pas aux exigences

- 6 -

liées à la fabrication industrielle de crayons MOX non contaminés au départ de pastilles céramiques, lesquelles, outre leur empoussièrement, génèrent des éclats de toute forme et taille, eux-mêmes générateurs de blocages et coincements mécaniques lors des opérations de chargement,

- 5 - soit que ces dispositifs ne limitent pas la partie de la gaine exposée à la contamination au strict minimum, soit qu'il n'y ait pas de gestion des niveaux de contamination dans l'enceinte de confinement (du très contaminé dans la zone de chargement jusqu'à du très peu ou du pas contaminé lorsque le crayon sort de l'enceinte de confinement), cette absence de gestion conduisant à des contaminations excessives et inutiles, qui doivent
10 être éliminées par des opérations supplémentaires le plus souvent à base de procédés liquides générateurs d'effluents divers et de risques supplémentaires de criticité,
- soit que ces dispositifs sont sensibles aux poussières et éclats amenés par les pastilles en colonnes et/ou à ceux générés spécifiquement lors de l'opération de chargement dans la gaine, cette sensibilité se traduisant par des blocages mécaniques, générateurs d'arrêts
15 machine, d'interventions d'opérateurs en enceintes de confinement, de risques de contamination des opérateurs, des ateliers et même parfois des compartiments des enceintes, qui devraient rester faiblement ou non contaminés,
- soit que ces dispositifs de gestion de la contamination et de chargement des pastilles ne permettent pas de fabriquer des crayons à base de plutonium conformes à leur
20 spécification de non contamination, lorsque la teneur en plutonium des pastilles et l'activité alpha du plutonium sont importantes, même au prix d'une opération supplémentaire de décontamination liquide.

Présentation de l'invention

25 La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients cités ci-dessus, et à d'autres bien connus de l'homme de métier, et est basée à cet effet sur différentes méthodes qui influencent notablement la mise en oeuvre des opérations de fabrication ainsi que la qualité des produits fabriqués, suite à une combinaison particulière, nouvelle et inventive de ces opérations et méthodes. Ainsi :

- 30 - les diverses opérations de chargement des pastilles, de nettoyage/décontamination de

- 7 -

- l'extrémité de la gaine exposée à la contamination, de placement du ressort et d'emmanchement du second bouchon (sans ou avec soudage immédiat du second bouchon, suivant que celui-ci est monté à serrage ou non), de nettoyage et de mesure de non contamination avant le retrait du crayon hors de l'enceinte peuvent être réalisées
- 5 principalement dans un même axe de travail et dans des compartiments d'enceinte différents et maintenus isolés les uns des autres en fonction de l'ambiance et du niveau de contamination de l'opération correspondante; les deux derniers compartiments cités au moins étant avantageusement conçus pour que leur contamination puisse être
- 10 aptitude à la décontamination, bien connue de l'homme de métier) en cours d'exploitation et ce malgré les transferts successifs de nombreux crayons,
- préférentiellement les parties de la gaine introduites dans l'enceinte de confinement sont limitées au strict nécessaire, aux fins de limiter les parties exposées à la contamination et redevables d'un contrôle de contamination à la sortie et d'une
- 15 éventuelle opération de nettoyage/décontamination,
- préférentiellement le chargement des pastilles a lieu avec des pastilles préalablement introduites dans une enceinte de confinement sous hélium ou sous vide et dans une gaine préalablement remplie d'hélium ou sous vide, par pompage préalable de l'air contenu. Du fait de la très faible viscosité dynamique de l'hélium, il est possible de
- 20 charger les pastilles dans la gaine sous hélium à des vitesses industrielles (de l'ordre de 100-150 mm/sec), sans que l'évacuation du gaz contenu dans la gaine n'entraîne significativement des poussières vers l'extrémité ouverte du crayon,
- l'introduction des pastilles dans la gaine - ou chargement - est assurée par un dispositif d'introduction d'une géométrie interne troncopyramidale circulaire et de tolérances
- 25 précises, aux fins de :
- présenter à l'extrémité ouverte de la gaine les pastilles parfaitement alignées en position et en orientation afin d'éviter des coincements mécaniques,
 - masquer l'extrémité ouverte de la gaine aux pastilles en cours d'introduction afin d'éviter la contamination massive de celle-ci, une éventuelle incrustation de
- 30 contamination et des blocages mécaniques supplémentaires,

- 8 -

- piéger et/ou collecter et/ou refouler les poussières et éclats qui pourraient conduire à un coincement des pastilles lors de leur introduction ou être introduits dans la gaine,
- le chargement des pastilles dans la gaine est assuré en colonnes présentées successivement sur une pièce en V dans l'axe de la gaine, à l'aide d'un dispositif, aux fins de limiter les efforts sur les pastilles, à entraînement sensitif, dont l'effort est limité en fonction de l'ordre de la colonne de pastilles en cours de chargement, et de longueur suffisante pour que la profondeur d'introduction d'une colonne à l'intérieur de la gaine soit supérieure à la longueur de la colonne suivante à charger; à noter que les efforts de poussée des pastilles lors du chargement dans la gaine sont limités tant en fonction de la profondeur d'introduction du poussoir que de l'ordre (N) de la colonne en cours de chargement,
- les opérations de nettoyage des parties de la gaine exposées à la contamination, sont assurées immédiatement après que la contamination ait eu lieu, et de manière sèche, aux fins d'éviter la propagation de la contamination et maîtriser le risque de criticité et la production d'effluents liquides contaminés.

Au moins, une combinaison partielle des opérations et méthodes nouvelles ci-dessus est nécessaire pour pallier les inconvénients mentionnés précédemment.

A cet effet, la méthode de l'invention comprend une organisation en étapes comme suit :

- une division de l'enceinte de confinement en plusieurs compartiments successifs,
- une liaison de chaque compartiment à son voisin pour un passage étanche de la gaine, au moins certains desdits passages étant alignés pour permettre un déplacement de la gaine suivant son axe longitudinal,
- une introduction de la gaine à charger, l'extrémité ouverte en avant, dans un premier compartiment à travers un passage étanche ou un orifice d'entrée vers celui-ci,
- un entraînement axial de la gaine entre compartiments successifs jusqu'à ce que son extrémité ouverte atteigne le dernier compartiment,
- un chargement des pastilles dans le dernier compartiment, et le cas échéant aussi des différents composants structuraux autres que le ressort de maintien, dans la gaine à travers son extrémité ouverte,

- 9 -

- un retrait axial partiel de la gaine, lorsque le chargement est terminé, de façon à amener son extrémité ouverte dans un compartiment précédent,
- dans ce compartiment précédent, un nettoyage et un éventuel contrôle de contamination d'au moins la partie de la gaine exposée à une contamination par les pastilles en cours de chargement ou par l'ambiance du dernier compartiment,
- 5 - après ce nettoyage, un déplacement axial de la gaine de façon à ce que son extrémité ouverte soit positionnée dans un autre compartiment,
- un chargement du ressort de maintien et un emmanchement du second bouchon dans l'extrémité ouverte, dans cet autre compartiment,
- 10 - après cet emmanchement, l'exécution d'éventuelles autres opérations (par exemple, soudage circonférentiel, pressurisation/queusotage,...) dans le même compartiment ou dans encore un autre compartiment, moyennant un éventuel déplacement supplémentaire de la gaine,
- un contrôle de contamination des parties du crayon exposées à la contamination des derniers compartiments et un éventuel nettoyage si nécessaire, dans le premier ou le
- 15 - second compartiment,
- un retrait du crayon hors du premier compartiment ou un transfert transversal vers une autre enceinte de confinement via ce premier compartiment reliant les enceintes entre elles,
- 20 - un étagement des contaminations entre les divers compartiments, partant du non ou du très faiblement contaminé dans le premier compartiment jusqu'au plus contaminé dans le dernier compartiment,
- une sélection de gaz alimentant les compartiments de l'enceinte de confinement (ainsi que les éventuelles enceintes de procédé ou de transfert présentes dans ceux-ci), choisis
- 25 parmi le groupe formé de : air, azote, hélium, argon, vide, et
- un étagement des dépressions dans les compartiments, pour organiser les fuites éventuelles, de la plus faible dépression dans le premier compartiment jusqu'à la plus forte dans le dernier compartiment.

La méthode ci-dessus faisant l'objet de l'invention peut utilement être mise
30 en oeuvre isolément ou en combinaison aussi bien dans des installations de fabrication de

- 10 -

combustible MOX classique que dans des installations de fabrication d'un autre combustible nucléaire contenant une proportion d'actinides autres que l'uranium (à titre d'exemples non limitatifs: combustible à base de nitrures ou carbures d'uranium/plutonium, combustible sans matière fertile destiné à des réacteurs incinérateurs
5 ou transmutateurs d'actinides, MOX à base de thorium/plutonium, MOX avec poison consommable ou non, ...).

Suivant un mode de réalisation de l'invention, pour le chargement des pastilles et les opérations associées suivantes

- présenter, centrer et aligner les pastilles d'une colonne au départ d'un support jusqu'à
10 l'extrémité ouverte de la gaine, et
- éliminer de la colonne de pastilles les poussières et éclats amenés par et/ou adhérent aux pastilles chargées, et/ou générés par les opérations de présentation, centrage et alignement,
on effectue :
- 15 - un rattrapage des décentrement entre le support et l'extrémité ouverte de la gaine, et un alignement de l'axe des pastilles avec l'axe de la gaine, à l'aide d'un canal dont le fond a un profil en V en rampe continue et en intersection avec une sortie cylindrique au diamètre des pastilles,
- un centrage de la gaine dans une chambre centrée sur la partie cylindrique du canal,
- 20 - un masquage de l'extrémité ouverte de la gaine à la pastille en cours de chargement,
- un piégeage et/ou une collecte et/ou un refoulement des poussières et éclats, via les sections libres entre pastilles et parois du canal, par dépôt gravitaire et optionnellement par soufflage et/ou aspiration complémentaires.

La présente invention concerne également un dispositif de fabrication de
25 crayons de combustible MOX non contaminés au départ de pastilles, pour la mise en œuvre de la méthode de l'invention. Ce dispositif comporte une enceinte de confinement pour la réalisation des opérations suivantes :

- chargement des pastilles en colonnes dans une gaine ouverte à une extrémité et fermée
par un premier bouchon à l'autre,
- 30 - nettoyage et contrôle éventuel de la contamination de la partie de ladite gaine ayant été

- 11 -

- mise en contact avec une contamination ou des poussières desdites pastilles,
- chargement de différents composants structuraux, notamment d'un ressort de maintien,
 - emmanchement d'un second bouchon,
 - nettoyage éventuel et contrôle de la contamination de la partie de ladite gaine ayant été
- 5 mise en contact avec une contamination.

Suivant l'invention, dans ledit dispositif :

- l'enceinte de confinement est divisée en plusieurs compartiments distincts,
 - les compartiments sont préférentiellement en succession l'un derrière l'autre suivant une direction de déplacement entre compartiments d'une gaine à charger, l'extrémité
- 10 ouverte en avant,
- les compartiments de l'enceinte sont isolés l'un de l'autre par des cloisons étanches et comportant, pour passer la gaine d'un compartiment à l'autre, un passage composé d'une vanne à passage intégral et d'un dispositif d'étanchéité sur le pourtour de la gaine, au moins certains desdits passages étant alignés, suivant la direction de
- 15 déplacement de la gaine susdite, le premier compartiment rencontré pouvant être simplement muni d'un orifice à son entrée,
- un mécanisme d'entraînement axial est agencé pour déplacer suivant son axe longitudinal l'extrémité de la gaine introduite ou du crayon pourvu de son second bouchon dans le compartiment sélectionné,
- 20 - des dispositifs de chargement des pastilles en colonnes et des moyens de chargement des divers composants structuraux autres que le ressort de maintien et le second bouchon sont installés dans le dernier compartiment,
- au moins un dispositif de nettoyage/décontamination et d'éventuels moyens de contrôle de contamination de la partie de la gaine exposée à la contamination lors du
- 25 chargement des pastilles sont installés dans un compartiment précédent,
- des moyens de chargement du ressort de maintien et d'emmanchement - à serrage ou non - du second bouchon dans l'extrémité ouverte de la gaine sont installés dans un autre compartiment précédent,
- des moyens nécessaires à l'exécution d'éventuelles opérations supplémentaires de
- 30 soudage et/ou de pressurisation peuvent être installés dans le même compartiment ou

- 12 -

dans encore un autre compartiment,

- des moyens de contrôle de contamination et éventuellement de nettoyage/décontamination des parties du crayon exposées à la contamination lors des opérations précédentes sont installés dans le premier ou second compartiment, et
- 5 - des moyens de ventilation de l'enceinte de confinement, de ses compartiments et des éventuelles enceintes y installées, et des moyens d'alimentation en gaz sont installés pour maintenir l'enceinte en dépression par rapport à l'atmosphère du local et sont agencés pour assurer
 - une sélection de gaz pour chaque compartiment et/ou enceinte y installée, choisi
 - 10 parmi le groupe formé de : air, azote, hélium, argon, vide, et
 - un étagement des dépressions des compartiments – aux fins d'organiser le sens des fuites éventuelles et de contribuer à l'étagement des contaminations – de la plus faible dans le premier compartiment jusqu'à la plus forte dans le dernier compartiment.
- 15 Comme indiqué, les divers compartiments peuvent comporter de plus une ou des enceintes y installées - ou chambres internes - et fonctionnant sous des ambiances de gaz différant de l'ambiance du compartiment, ces enceintes ou chambres étant généralement destinées à des opérations de procédé (par exemples, chargement des pastilles sous vide, soudage sous hélium de très haute pureté, ...) ou de manutention (par exemple,
- 20 transfert transversal en barillet de l'extrémité ouverte des gaines sous ambiance contrôlée).

Avantages

Les avantages procurés par l'invention sont :

- fabrication de crayons à haute teneur en plutonium, non contaminés et sans inclusions
- 25 dans la soudure ni espaces inter-pastilles excessifs,
- différentes possibilités de mise en oeuvre :
 - depuis des processus complètement manuels jusqu'à des processus complètement automatisés,
 - depuis des dispositifs de fabrication de faible/moyenne capacité (installations
 - 30 « monocrayon » ne traitant qu'un crayon à la fois) jusqu'à des dispositifs de grande

- 13 -

- capacité (installations « multicrayons » traitant plusieurs crayons simultanément),
- différentes configurations de gaine/second bouchon (par exemples, bouchons emmanchés à serrage ou non dans la gaine, bouchons avec queusot axial ou transversal, ...),
- 5 - différentes techniques de soudage circonférentiel (TIG, résistance, laser, ...) et de pressurisation,
- différentes techniques de nettoyage/décontamination à sec (frottement mécanique, laser, ...),
- 10 - chargement sans précaution particulière de pastilles empoussiérées suite à une rectification à sec ou à des manutentions nombreuses,
- limitation de la contamination de la gaine, en surface et en importance, lors des opérations de chargement des pastilles et de remplissage du gaz inerte avant soudage, conduisant à limiter les opérations de décontamination aux seuls nettoyages par exemple par frottement de l'extrémité du crayon exposée à la contamination et mesure
- 15 de non contamination transférable en sortie par frottement mécanique également,
- absence de production d'effluents liquides; production limitée d'effluents solides lors du nettoyage et de la mesure de contamination transférable par frottement,
 - risque de criticité réduit, autorisant la mise en oeuvre de hautes teneurs et de grandes quantités de matière fissile,
- 20 - économie générale d'exploitation.

D'autres détails et particularités de l'invention ressortiront des autres revendications et de la description des dessins schématiques, et à échelles non définies et différentes, qui sont annexés au présent mémoire et qui illustrent, à titre d'exemples non limitatifs, la méthode de l'invention et des formes particulières du dispositif suivant

25 l'invention ou de composants de celui-ci.

Brève description des figures

La figure 1 montre en coupe axiale une forme de réalisation d'un crayon de combustible à fabriquer suivant la méthode de l'invention.

30 Les figures 2A-C montrent schématiquement une organisation en

- 14 -

compartiments d'une enceinte de confinement pour une mise en oeuvre de l'invention, ainsi que divers agencements des équipements à l'intérieur des compartiments, pour permettre la progression de la gaine, soit déplacement transversal dudit équipement soit agencement interne dudit équipement pour transfert axial de la gaine.

5 La figure 2B montre schématiquement une introduction d'un crayon, à constituer suivant la figure 1, dans un premier compartiment de l'enceinte de confinement suivant diverses variantes de réalisation isolées ou groupées :

- accès au premier compartiment par sas étanche autorisant une ambiance dans le compartiment autre que l'air du local,
- 10 - longueur du premier compartiment supérieure à la longueur d'un crayon,
- transfert transversal des gaine/crayon (cas d'un dispositif « multicrayons »).

La figure 2C montre schématiquement une introduction du crayon de la figure 1 de façon à aboutir dans le dernier compartiment de l'enceinte de confinement.

Les figures 3 montrent dans une vue en perspective un élément pour
15 l'introduction des pastilles dans une gaine, destiné à la mise en oeuvre de l'invention.

La figure 3B montre des exemples de réalisation de rainures longitudinales et transversales et d'ajutages de gaz G.

Les figures 4A à 4F montrent dans une vue en plan les différentes étapes d'une séquence de chargement de colonnes successives de pastilles dans la gaine, pour une
20 mise en oeuvre de l'invention. La figure 4A montre également un mécanisme d'entraînement d'un poussoir à effort limité. A titre d'exemple, les figures 4A à 4F montrent le chargement de deux colonnes « a » et « b » successives, en profondeur dans une gaine 2 à l'aide d'un poussoir long 53.

Dans les différentes figures, les mêmes notations de référence désignent des
25 éléments identiques ou analogues.

Description de l'invention

Un crayon 1 (figure 1) concerné par l'invention, peut comporter, comme déjà mentionné et comme cela est connu, une gaine 2 bouchée à une extrémité par un premier
30 bouchon 3 et à l'autre extrémité par un second bouchon 4. Entre ces bouchons 3 et 4

- 15 -

peuvent être enfermés dans la gaine 2 des pastilles 6, un ressort 7 et des composants structuraux, comme un ou des éléments intercalaires 5.

Le dispositif et la méthode de fabrication de crayons 1 de combustible MOX non contaminés, au départ de pastilles 6, objet de l'invention, sont expliqués conjointement
5 dans la présente description du fait de leur imbrication réciproque complète.

Ladite méthode consiste à réaliser les opérations suivantes dans une enceinte de confinement 10 (figures 2), par exemple du type boîte à gants comme expliqué ci-après :

- chargement des pastilles 6 en colonnes 12 (figures 4) dans une gaine 2 à l'aide d'un dispositif d'introduction (par exemple 14 détaillé aux figures 3 et schématisé aux
10 figures 2 et 4), au départ d'un V ou d'un plateau rainuré 38 déplacé successivement dans une direction transversale à l'axe desdites colonnes 12 et de la gaine 2,
- chargement des différents composants structuraux 5, notamment d'un ressort de maintien 7,
- emmanchement d'un second bouchon 4 dans la gaine 2, soit avec serrage soit sans
15 serrage,
- soudage circonférentiel éventuel du second bouchon 4, en particulier s'il n'est pas emmanché à serrage dans la gaine 2,
- nettoyage éventuel et contrôle de la contamination de la partie de la gaine 2 ayant été mise en contact avec des poussières ou des aérosols produits par les pastilles 6.

20 Suivant l'invention, il est prévu de mettre à cet effet en oeuvre les méthodes et dispositions suivantes (figures 2 à 4) :

- l'enceinte de confinement 10 est divisée en compartiments (par exemple, I, II, III et IV suivant les figures 2 dans le cas particulier de 4 compartiments) attenants et isolés entre eux de manière étanche, les niveaux de contamination par émetteurs alpha, la
25 nature et la pression du gaz étant contrôlés dans chacun de ces compartiments,
- les opérations (chargement, nettoyage, emmanchement du bouchon, contrôle de contamination) sont réalisées en série sur la gaine 2 par déplacement axial et successif de celle-ci entre ces compartiments I à IV, l'introduction et la sortie de ladite gaine étant assurées au départ d'un même compartiment I,
- 30 - l'étanchéité entre les compartiments I à IV et est assurée chaque fois par un sas 24

- 16 -

- (figures 2) composé d'une vanne 26 à passage intégral pour la gaine 2 (du type à guillotine ou à boule, par exemple) et d'un organe d'étanchéité 28 à joints élastomères (joints toriques, joints à lèvres ou joints spéciaux) autour de la gaine 2; ce sas 24 permet d'admettre le crayon 1 d'un compartiment à un autre, sans rompre
- 5 l'étanchéité entre compartiments et en modifiant si nécessaire au passage l'ambiance interne du crayon 1 (par exemple, pour admettre sous hélium ou sous vide une gaine 2 préalablement sous air). Dans ce dernier cas, le volume de gaz délimité par le boîtier du sas 24, la vanne 26 et le dispositif d'étanchéité 28 est pompé par une pompe à vide (non représentée) via une vanne 32 ou tout autre dispositif, et est
- 10 remplacé par le gaz choisi. L'organe d'étanchéité 28 peut occuper diverses positions, soit qu'il livre un passage intégral sans contact avec la gaine, soit qu'il assure une étanchéité statique sur le pourtour de la gaine à l'arrêt, soit encore qu'il assure une étanchéité dynamique autour de la gaine lors des mouvements relatifs de translation ou de rotation de celle-ci nécessaires aux opérations de transfert ou de procédé,
- 15 - le chargement des pastilles 6 ainsi que le chargement des composants structuraux 5, autres que le ressort de maintien 7 et le second bouchon 4, ont lieu dans le compartiment IV le plus éloigné du compartiment d'introduction I,
- le nettoyage de la partie de la gaine 2 exposée à la contamination (notamment la zone d'extrémité ouverte 34) est réalisé après chargement des pastilles 6 et autres
- 20 composants structuraux 5 susdits, et avant chargement des ressort 2 et second bouchon 4, dans un compartiment III de préférence attenant au compartiment de chargement IV; le nettoyage de surfaces suspectées d'avoir été contaminées est assuré par exemple par frottement à l'aide de bandes de tissu ou de non tissé, à sec ou après légère imprégnation avec un liquide (eau, solvant ou agent de décontamination
- 25 chimique),
- le chargement du ressort 7 et l'emmanchement du second bouchon 4 dans la gaine 2, ainsi que l'éventuel soudage circonférentiel de ce second bouchon 4 sont réalisés
- ... dans un compartiment II, situé entre le compartiment de nettoyage III et un compartiment I,
- 30 - le contrôle de la non contamination et l'éventuel nettoyage des parties de la gaine 2

- 17 -

ayant été introduites dans les compartiments II à IV de l'enceinte de confinement 10 sont assurés dans un compartiment séparé du compartiment II. Le nettoyage peut y être effectué par frottement à sec ou légèrement humide, à l'aide par exemple de bandes de tissu ou de non tissé, sèches ou légèrement imprégnées d'un liquide (eau, solvant ou agent de décontamination). Le contrôle de non contamination peut être assuré avec ou sans contact, suivant que l'on désire ou non contrôler la contamination transférable. Dans ce dernier cas, le plus fréquent, le contrôle a lieu par réalisation d'un frottis et présentation de celui-ci à un instrument connu de l'homme de métier (par exemple, détecteur ZnS). Le contrôle de la contamination totale peut être assuré par exemple directement à l'aide d'un détecteur annulaire ZnS. On notera que d'autres techniques de nettoyage à sec sont connues, qui font par exemple appel à une illumination de la surface concernée par un faisceau de lumière laser,

- l'introduction de la gaine 2 et le contrôle de contamination du crayon 1 peuvent avantageusement être exécutés dans le même compartiment I. Cela pourra être aussi le cas par exemple si le crayon 1 est évacué vers un autre équipement situé dans une autre enceinte (cas notamment d'un bouchon 4 emmanché à serrage dans la gaine 2 de combustible pour réacteurs à eau légère, donnant lieu à soudage dans une enceinte séparée),

- les niveaux de contamination sont étagés depuis le compartiment IV jusqu'au compartiment I à la sortie de l'enceinte 10; ces niveaux, en particulier, ceux des compartiments I, II, III les moins contaminés, sont contrôlés (en permanence ou périodiquement) aux fins de ne pas exporter de la contamination en excès vers les compartiments I, II en aval et de limiter la contamination de la gaine 2 équipée ou non de son second bouchon 4 lors de son mouvement vers ladite sortie; en cas de contamination fortuite ou d'accumulation progressive ("buildup" en anglais) de contamination, il importe de pouvoir ramener, par des opérations de nettoyage desdits compartiments et des équipements qui y sont installés, le niveau de contamination de ces compartiments à des niveaux acceptables; la maîtrise de la contamination des compartiments de l'enceinte 10 passe aussi par des ventilation et filtration appropriées (on visera par exemple des taux de renouvellement minima de 2 à 3, sans

- 18 -

créer des turbulences),

- les ambiances des divers compartiments I à IV susdits peuvent être constituées de divers gaz, tels que air, N₂, Ar, He (ou même vide pour le compartiment de chargement IV),
- 5 - les dépressions dans ces divers compartiments I à IV sont étagées pour organiser les fuites éventuelles depuis le moins contaminé vers le plus contaminé; en fonction des gaz présents dans ces compartiments, le contrôle de la cascade de dépressions est assuré par contrôle distinct de la dépression de chaque compartiment - par rapport à l'ambiance du local où se trouve l'enceinte 10 - ou par une organisation d'un flux de
10 ventilation d'un compartiment à l'autre; on notera que les divers compartiments doivent tous être en dépression par rapport au local dans lequel est exploitée l'installation de fabrication des crayons 1.

La méthode de fabrication proposée plus haut est particulièrement avantageuse du point de vue de la maîtrise des contaminations, lorsque le chargement des
15 pastilles 6, le nettoyage et l'emmanchement du bouchon 4 ont lieu dans des compartiments sous hélium, ce qui constitue un objet supplémentaire de l'invention. Pour ce faire, lors de son introduction dans l'enceinte 10, le transfert de la gaine 2 vide de pastilles vers le premier compartiment sous hélium rencontré (normalement celui II d'emmanchement du bouchon) a lieu après pompage de l'air du local ou de l'azote de l'enceinte de manutention
20 contenu dans ladite gaine 2 et remplacement par de l'hélium dans le sas d'isolation 24 qui sépare les deux compartiments concernés. Comme déjà indiqué, cette option de méthode permet d'emmancher (voire de souder) le bouchon dans le crayon 1 sous hélium et permet d'éviter de devoir tirer le vide sur une gaine 2 remplie de pastilles 6 et d'air ou de l'azote, pour remplacer ce dernier par l'hélium de remplissage. On notera que, du fait de sa faible
25 viscosité dynamique (comparée à celle de l'air ou de l'azote, gaz habituels des enceintes de confinement), l'éjection de l'hélium contenu dans la gaine 2 lors de l'introduction des colonnes 12 de pastilles 6 a lieu sans entraînement notable de poussières et aérosols vers l'extrémité ouverte 34 du crayon 1.

La méthode de fabrication proposée plus haut est également avantageuse,
30 lorsque le chargement des pastilles a lieu sous vide; dans ce cas, la gaine est présentée vide

- 19 -

de pastilles et de gaz à l'entrée du dernier compartiment sous vide (ou contenant une chambre sous vide), après avoir été vidé de son gaz dans le sas d'isolation 24 d'accès à ce compartiment; diverses options d'ambiance des compartiments de nettoyage et d'emmanchement (et de soudage) sont possibles; une ambiance d'hélium dans ces deux
5 compartiments, combinée à une ambiance de vide dans le compartiment de chargement présente des avantages particuliers sur le plan de la maîtrise des contaminations, malgré une plus grande complexité de réalisation.

Lors de l'opération de chargement des pastilles 6, il importe de

- présenter les pastilles 6 à l'extrémité ouverte 34 de la gaine 2 de façon parfaitement
10 alignée avec celle-ci en position et en orientation afin d'éviter les coincements mécaniques,
- masquer l'extrémité ouverte 34 de la gaine 2 aux pastilles 6 en cours d'introduction afin d'éviter la contamination massive de celle-ci et de produire des interférences et blocages mécaniques supplémentaires,
- 15 - piéger et/ou collecter et/ou refouler les poussières et éclats qui pourraient conduire au coincement des pastilles 6 lors de leur introduction, voire produire des crayons défectueux et qui sont soit amenés par lesdites pastilles 6 en cours de chargement, soit produits au cours de l'opération de chargement elle-même.

A cette fin, on peut utiliser le dispositif d'introduction 14 (figures 3) des
20 pastilles 6, lesquelles sont le plus souvent présentées en colonnes 12 sur un V fixe ou (figures 4) sur un plateau 38 connu, rainuré en V et déplaçable transversalement; ce dispositif de chargement, objet complémentaire de l'invention, est constitué d'une pièce métallique 14 fixe creuse, formée par exemple de deux parties et dont le profil interne 42 est constitué successivement, notamment comme le représentent les figures 3, d'une entrée
25 carrée sur pointe 44, d'un tronçon 46 à section carrée sur pointe et en réduction continue (T + U), d'une sortie cylindrique 48 de révolution (Y) au diamètre des pastilles 6, en raccord continu avec le tronçon à section carrée 46 et enfin d'un alésage cylindrique 49 au diamètre externe de la gaine 2 (Z). L'entrée carrée (T) sur pointe 44 autorise des jeux importants (jusqu'à 1 à 2 mm) aux pastilles 6 aux fins d'accepter des désalignements d'origines
30 multiples (par exemple, désalignement vertical et horizontal des V du plateau rainuré 38

- 20 -

présentant les colonnes 12 de pastilles 6). Le tronçon de section carrée sur pointe 46 présente des dimensions continûment décroissantes ($T + U$), afin de centrer progressivement les pastilles 6; diverses lois géométriques de réduction peuvent être reproduites avec les machines à commande numérique modernes, par exemple (figures 3)

5 depuis une réduction linéaire conduisant à un tronc de pyramide (U) jusqu'à une réduction non-linéaire (T) (par exemple quadratique) permettant de rattraper des désalignements importants sur de courtes longueurs et de contribuer à libérer des poussières et éclats, par suite du changement d'orientation relative des pastilles entre elles. Quant aux deux sections circulaires de 48 et 49, les deux alésages D_Y et D_Z sont taillés respectivement aux diamètres
10 des pastilles ($D_{Ynom} = D_{past\ max} + 0.02\ mm$, par exemple) et des gaines ($D_{Znom} = D_{gai\ max} + 0,01\ mm$, par exemple) avec une concentricité de 0,01mm et des tolérances diamétrales de $-0/+0,01mm$. Cette pièce d'introduction peut encore être pourvue (figure 3B) de divers orifices d'injection de gaz ou de captation pour piéger, collecter ou refouler les poussières et éclats adhérant aux ou amenés par les pastilles. Des rainures longitudinales et/ou
15 transversales peuvent encore être usinées dans la pièce 14 pour contribuer au piégeage des éclats et poussières. On notera que dans d'autres formes de réalisation possibles de l'invention la partie supérieure du canal 42 peut avoir une autre forme qu'un V inversé.

On notera encore que le dispositif d'introduction 14 peut être utilisé pour l'introduction directe des pastilles dans la gaine, comme pour le centrage et l'alignement
20 des pastilles dans tout dispositif intermédiaire prévu avant la gaine.

Lors du chargement des colonnes de pastilles 12, il importe de limiter les efforts axiaux à mettre en oeuvre dans le but de

- éviter les efforts transversaux des colonnes 12 sous pression axiale et pouvant résulter des défauts de perpendicularité des faces d'extrémité des pastilles 6; ces efforts sont
25 préjudiciables lorsque les pastilles 6 franchissent les transitions mécaniques (V ou plateau rainuré 38 vers pièce d'introduction 14, pièce d'introduction 14 vers gaine 6), et
- éviter de produire des éclats et poussières supplémentaires au cours du chargement, par excès de pression locale sur les arêtes des pastilles 6 en contact par leurs faces d'extrémité.

30 Pour ce faire, trois méthodes sont utilisées séparément ou en combinaison :

- 21 -

- charger les pastilles 6 sous un gaz à faible viscosité dynamique (hélium) ou sous vide afin de limiter la pression dans la gaine 2 lors de l'enfoncement des colonnes de pastilles 12; notons par exemple que plus on progresse dans le chargement des colonnes de pastilles, plus pour une même vitesse de chargement la pression du gaz augmente du fait de la perte de charge croissante le long de la colonne de pastilles 12,
 - enfoncer les colonnes 12 en cours de chargement (figures 4) dans la gaine 2, d'une profondeur au moins égale à la longueur des colonnes élémentaires 12; de la sorte, la première pastille 6 d'une colonne N (N allant de « a » à « e » dans l'exemple représenté en figures 4), lors de son chargement dans la gaine 2, n'entre en contact avec la dernière pastille 6 de la colonne (N-1) déjà chargée et ne pousse le train des (N-1) colonnes déjà chargées, que lorsque la dernière pastille de la colonne N est déjà à l'intérieur de la gaine 2; les efforts transversaux développés par les pastilles 6 sont ainsi minimisés et d'un préjudice limité pour celles-ci, du fait de l'excellent guidage mécanique procuré par la gaine 2,
 - utiliser un mécanisme 50 de poussée des pastilles à entraînement sensitif, à savoir qui vise à limiter de manière générale les efforts que peut développer celui-ci aux seuls efforts nécessaires; en effet, les efforts requis augmentent au fur et à mesure qu'un plus grand nombre de colonnes élémentaires 12 sont chargées. Ces efforts sont par exemple limités électroniquement par contrôle de l'alimentation électrique d'un moteur à courant continu ou servomoteur 52 en fonction de la profondeur d'introduction du poussoir et de l'ordre N de la colonne chargée; enfin, compte tenu que les vitesses de chargement industrielles sont importantes, on veillera à éviter les effets d'inertie en utilisant un poussoir 53 de pastilles à tige creuse et un limiteur de couple 54 à glissement et faible inertie, par exemple à poudre magnétique.
- La réduction de la vitesse de poussée du train de colonnes de pastilles peut être avantageusement réalisée pour la ou les dernières colonnes chargées.

Mode de réalisation

Divers modes de division de l'enceinte et de répartition des opérations qui y sont réalisées sont possibles. On trouvera en tableau 1 quelques exemples possibles.

TABLEAU 1 - Exemples de Réalisation possibles

<u>Compartiments</u>					
#	I	II	III	IV	V
1	Entrée gaine Contrôle décontamination Sortie crayon (Air ou Hélium)	Chargement ressort Emmanchement 2° bouchon (Soudage bouchon, si bouchon libre) (Hélium)	Nettoyage gaine (Hélium)	Chargement pastilles (Hélium)	Dispositif monocrayon
2	Entrée/Sortie gaine (Variante : transfert gaine vers autre enceinte) (Air ou N ₂)	Contrôle contamination Nettoyage éventuel (Air ou N ₂)	Chargement ressort Emmanchement 2° bouchon (Soudage bouchon, si bouchon libre) (Air ou N ₂)	Nettoyage gaine (Air ou N ₂)	Chargement pastilles (Air ou N ₂)
3	Entrée gaine Sortie crayon (Air)	Contrôle contamination Nettoyage éventuel (Air)	Chargement ressort Emmanchement 2° bouchon (Soudage bouchon si bouchon libre) (Hélium)	Chargement pastilles sous vide (Air)	Dispositif monocrayon
4	Entrée gaine Contrôle contamination Sortie gaine (Air)	Transfert sous vide vers autres dispositifs (emmanchement, soudage,..) (Air)	Chargement pastilles sous vide (nettoyage gaine sous vide optionnel) (Air)		Dispositif multicrayons (barillet rotatif)
<u>Remarque</u> : l'enceinte de confinement alpha est divisée en 3 à 5 compartiments étanches entre eux; dans certains cas, l'ambiance d'un compartiment peut être différente de l'ambiance sous laquelle une opération est effectuée; dans ce cas, le compartiment concerné est pourvu d'une enceinte étanche ou chambre (par exemple, enceinte de chargement sous vide ou chambre de soudage sous hélium)					

- 23 -

On trouvera ci-après des détails relatifs au mode de réalisation 1, du tableau 1, mis en oeuvre par les inventeurs.

a. Succession des opérations

- 5 - chargement des pastilles 6 contenant des rebuts de fabrication et rectifiées à sec sur un plateau rainuré 38 déplacé transversalement pas à pas,
- ambiance et répartition des fonctions par compartiment :
- IV : sous hélium - chargement des pastilles,
- III : sous hélium - nettoyage de l'extrémité ouverte,
- 10 II : sous hélium - chargement du ressort et bouchon non serrant,
- soudage périphérique du second bouchon,
- I : sous air - nettoyage éventuel de l'extrémité du crayon,
- frottis pour mesure de la contamination transférable,
- retrait du crayon en vue de sa pressurisation, dans un autre
- 15 équipement,
- isolation des compartiments : par sas 24 constitué d'une vanne à vide à passage intégral et joint élastomère double, avec gaz ou vide de barrage.

L'hélium présent dans les différents compartiments est distribué au départ d'une centrale de purification (recyclage) de l'hélium extrait de l'enceinte pour maintenir

20 celle-ci en dépression et d'hélium frais pour compenser les fuites, tandis que l'enceinte de soudage du compartiment II est alimentée directement en hélium de haute pureté.

Une variante consiste à alimenter le compartiment I en hélium aux fins des fabrications de combustible MOX pour réacteurs à eau bouillante.

25 *b. Produits et spécifications (non limitatif)*

- | | |
|---|---------------------|
| - teneur en plutonium total des pastilles (%) : | 9,5 |
| - isotopie du plutonium Pu ^{238,239,240,241,242} (%) : | 2 - 57 - 27 - 8 - 6 |
| - teneur en Am ²⁴¹ (%) : | 2 |
| - activité α du plutonium (10 ¹⁰ Bq/g) : | 1,8 |

- 24 -

- teneur en rebuts de fabrication (%) : 22
 - diamètre des pastilles (mm) : 7 - 12
 - vitesse de chargement des pastilles (mm/sec) : 100 - 150
 - soudage périphérique : TIG
 - 5 - matériau de gaine : alliage de : Zr
 - contamination α des compartiments respectivement de chargement, de nettoyage, de soudage et de contrôle de contamination (Bq/dm^2) : $\gg 10^6$, $< 10^3$, $10^2 - 10^1$, < 1
 - contamination α transférable des crayons (Bq/dm^2 sur frottis) < 1
 - contamination α fixée dans la soudure (Bq) < 20
- 10

REVENDICATIONS

1. Méthode de fabrication de crayons (1) de combustible MOX non contaminés, au départ de pastilles (6), dans une enceinte de confinement (10) en dépression, la méthode comportant les opérations suivantes pour un crayon (1) :

- 5 - un chargement des pastilles (6) en colonnes (12) successives dans une gaine (2) munie préalablement d'un premier bouchon (3) à une de ses deux extrémités,
- un chargement de différents composants structuraux, notamment d'un ressort de maintien (7),
- un emmanchement d'un second bouchon (4) à l'autre extrémité de la gaine (2),
- 10 - un soudage périphérique dudit second bouchon (4), en particulier s'il n'est pas emmanché à serrage dans ladite gaine (2), et
- au moins un nettoyage et au moins un contrôle de la contamination des parties de ladite gaine (2) ou respectivement du crayon (1) ayant été exposées à une contamination,

la méthode étant *caractérisée en ce qu'elle* comprend :

- 15 - une division de l'enceinte de confinement (10) en plusieurs compartiments successifs,
- une liaison de chaque compartiment à son voisin pour un passage étanche de la gaine (2), au moins certains desdits passages étant alignés pour permettre un déplacement de la gaine (2) suivant un axe longitudinal,
- une introduction de la gaine (2) à charger, l'extrémité ouverte (34) en avant, dans un
- 20 premier compartiment à travers un passage étanche ou un orifice d'entrée vers celui-ci,
- un entraînement axial de la gaine (2) entre compartiments successifs jusqu'à ce que son extrémité ouverte (34) atteigne le dernier compartiment,
- un chargement des pastilles (6) dans le dernier compartiment, et le cas échéant aussi des différents composants structuraux (5) autres que le ressort de maintien (7), dans la
- 25 gaine (2) à travers son extrémité ouverte (34),
- un retrait axial partiel de la gaine (2), lorsque le chargement est terminé, de façon à amener son extrémité ouverte (34) dans un compartiment précédent,
- dans ce compartiment précédent, un nettoyage et un éventuel contrôle de
- 30 contamination d'au moins la partie de la gaine (2) exposée à une contamination par les pastilles (6) en cours de chargement ou par l'ambiance du dernier compartiment,

- 26 -

- après ce nettoyage, un déplacement axial de la gaine (2) de façon à ce que la zone d'extrémité ouverte (34) soit positionnée dans un autre compartiment,
- un chargement du ressort de maintien (7) et un emmanchement du second bouchon (4) dans l'extrémité ouverte (34), dans cet autre compartiment,
- 5 - après cet emmanchement, l'exécution d'éventuelles autres opérations dans le même compartiment ou dans encore un autre compartiment, moyennant un éventuel déplacement supplémentaire,
- un contrôle de contamination des parties du crayon (1) exposées à la contamination des derniers compartiments et un éventuel nettoyage si nécessaire, dans le premier ou le
10 second compartiment,
- un retrait du crayon (1) hors du premier compartiment ou un transfert transversal vers une autre enceinte de confinement via un premier compartiment reliant les enceintes entre elles,
- un étagement des contaminations entre les divers compartiments, partant du non ou du
15 très faiblement contaminé dans le premier compartiment jusqu'au plus contaminé dans le dernier compartiment,
- une sélection de gaz alimentant les compartiments, choisis parmi le groupe formé de air, azote, hélium, argon, vide,
- un étagement des dépressions dans les compartiments, pour organiser les fuites
20 éventuelles, de la plus faible dépression dans le premier compartiment jusqu'à la plus forte dans le dernier compartiment.

2. Méthode suivant la revendication 1, caractérisée en ce que, pour le chargement des pastilles (6) et les opérations associées suivantes :

- présenter, centrer et aligner les pastilles (6) d'une colonne (12) au départ d'un support
25 (38) jusqu'à l'extrémité ouverte (34) de la gaine (2), et
on effectue :
- un rattrapage des décentrement entre le support (38) et l'extrémité ouverte (34) de la gaine (2), et un alignement de l'axe des pastilles (6) avec l'axe de la gaine (2), à l'aide
d'un canal (42) dont le fond a un profil en V en rampe continue et en intersection avec
30 une sortie cylindrique au diamètre des pastilles (6),

- 27 -

- un centrage de la gaine (2) dans une chambre centrée sur la partie cylindrique du canal,
 - un masquage de l'extrémité ouverte (34) de la gaine (2) aux pastilles (6) en cours de chargement,
 - un piégeage et/ou une collecte et/ou un refoulement des poussières et éclats amenés par et/ou adhérent aux pastilles (6) chargées, et/ou générés par les opérations de
- 5 présentation, centrage et alignement, via les sections libres entre pastilles (6) et parois du canal et/ou des rainures, par dépôt gravitaire et optionnellement par soufflage et/ou aspiration complémentaires.

3. Méthode suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisée

10 par un chargement des pastilles (6) d'une colonne dans la gaine (2), jusqu'à une profondeur d'introduction de la dernière pastille (6) dans la gaine (2) au moins égale à la longueur de la colonne suivante à charger dans la même gaine (2).

4. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le chargement desdites pastilles (6) en colonnes successives dans ladite gaine (2)

15 est effectué en limitant les efforts maximaux de poussée lors du chargement, en fonction de la profondeur d'introduction du poussoir et de l'ordre (N) de la colonne en cours de chargement dans la même gaine (2).

5. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée par un procédé à sec ou légèrement humide pour le nettoyage des parties de la gaine (2), ou

20 respectivement du crayon (1), exposées à une contamination, ce procédé pouvant être par frottement.

6. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'on divise l'enceinte en quatre compartiments (I-IV) dont

- le quatrième et dernier compartiment (IV) est destiné au chargement des pastilles (6) et

25 d'éléments structuraux,

- le troisième (III) est destiné au nettoyage de la partie exposée à une contamination lors du chargement,
- le deuxième (II) est destiné au chargement du ressort (7) et à l'emmanchement du second bouchon (4), ainsi qu'à un éventuel soudage circonférentiel de celui-ci si

30 l'emmanchement n'est pas à serrage, et

- 28 -

- le premier (I) est destiné au contrôle de contamination et à l'éventuel nettoyage des parties exposées à la contamination dans les compartiments précédents, ainsi qu'à l'entrée de la gaine et la sortie du crayon.

7. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée

5 en ce que

- le chargement des pastilles (6), le nettoyage de l'extrémité de la gaine (2) exposée à contamination et l'emmanchement du second bouchon (4) sont effectués dans des compartiments sous hélium, ainsi que facultativement la mesure de contamination à la sortie,
- 10 - lors de l'introduction d'une gaine (2) vide de pastilles dans l'enceinte de confinement (10), on ne transfère son extrémité ouverte (34) dans le premier compartiment sous hélium rencontré qu'après avoir pompé et remplacé, entre ce compartiment et le précédent, le gaz contenu dans la gaine (2) par de l'hélium.

8. Méthode suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée

15 en ce que

- le chargement des pastilles (6) est effectué dans le dernier compartiment sous vide ou dans une enceinte sous vide localisée dans celui-ci et,
- lors de l'introduction d'une gaine (2) vide de pastilles (6) dans l'enceinte de confinement (10), on ne transfère son extrémité ouverte (34) dans ce dernier compartiment qu'après
- 20 avoir pompé, entre ce compartiment et le précédent, le gaz contenu dans la gaine (2).

9. Dispositif de fabrication de crayons (1) de combustible MOX non contaminés au départ de pastilles (6), pour la mise en œuvre de la méthode suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, et comportant une enceinte de confinement (10) pour la réalisation des opérations suivantes :

- 25 - chargement des pastilles (6) en colonnes (12) dans une gaine (2) ouverte à une extrémité et fermée par un premier bouchon (3) à l'autre,
- nettoyage et contrôle éventuel de la contamination de la partie de ladite gaine (2) ayant été mise en contact avec une contamination ou des poussières desdites pastilles (6),
- chargement de différents composants structuraux, notamment d'un ressort de
- 30 maintien (7),

- 29 -

- emmanchement d'un second bouchon (4),
- contrôle de la contamination et nettoyage éventuel de la partie de ladite gaine (2) ayant été mise en contact avec une contamination,

le dispositif *étant caractérisé en ce que* :

- 5 - l'enceinte de confinement (10) est divisée en plusieurs compartiments distincts,
- les compartiments sont préférentiellement en succession l'un derrière l'autre suivant une direction de déplacement entre compartiments d'une gaine (2) à charger, l'extrémité ouverte (34) en avant,
- les compartiments de l'enceinte sont isolés l'un de l'autre par des cloisons étanches et
- 10 - comportant, pour passer la gaine (2) d'un compartiment à l'autre, un passage étanche (24), lui-même composé d'une vanne (26) à passage intégral et d'un dispositif d'étanchéité (28) sur le pourtour de la gaine (2), au moins certains desdits passages (24) étant alignés suivant la direction de déplacement de la gaine (2) susdite, le premier compartiment rencontré pouvant être simplement muni d'un orifice à son entrée,
- 15 - au moins un mécanisme d'entraînement axial est agencé pour déplacer suivant son axe longitudinal l'extrémité de la gaine (2) introduite ou du crayon (1) pourvu de son second bouchon (4) dans le compartiment sélectionné,
- des dispositifs de chargement des pastilles (6) en colonnes (12) et des moyens de chargement des divers composants structuraux (5), autres que le ressort de maintien (7)
- 20 - et le second bouchon (4), sont installés dans le dernier compartiment,
- au moins un dispositif de nettoyage et d'éventuels moyens de contrôle de contamination de la partie de la gaine (2) exposée à la contamination lors du chargement des pastilles (6) sont installés dans un compartiment précédent,
- des moyens de chargement du ressort de maintien (7) et d'emmanchement - à serrage
- 25 - ou non - du second bouchon (4) dans l'extrémité ouverte (34) de la gaine (2) sont installés dans un autre compartiment précédent,
- des moyens nécessaires à l'exécution d'éventuelles opérations supplémentaires de soudage et/ou de pressurisation peuvent être installés dans le même compartiment ou dans encore un autre compartiment,
- 30 - des moyens de contrôle de contamination et éventuellement de nettoyage des parties du

- 30 -

crayon (1) exposées à la contamination lors des opérations précédentes sont installés dans le premier ou second compartiment,

- des moyens de ventilation de l'enceinte (10), de ses compartiments et des éventuelles enceintes y installées, et des moyens d'alimentation en gaz sont installés pour maintenir
5 l'enceinte (10) en dépression par rapport à l'atmosphère du local et sont agencés pour assurer
 - une sélection de gaz pour chaque compartiment, choisi parmi le groupe formé de air, azote, hélium, argon, vide, et
 - un étagement des dépressions des compartiments - aux fins d'organiser le sens des
10 fuites éventuelles et de contribuer à l'étagement des contaminations - de la plus faible dans le premier compartiment jusqu'à la plus forte dans le dernier compartiment.

10. Dispositif suivant la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif (14) de présentation, centrage et alignement des pastilles (6) en vue de leur
15 chargement dans la gaine (2), lui-même

- étant constitué d'une pièce métallique (14) fixe traversée d'un canal (42) - dont les dimensions de l'entrée (44) sont choisies pour accepter un décentrage des pastilles (6) vis-à-vis de l'axe de la gaine (2) et dont le fond a un profil en V en rampe continue et en intersection avec une sortie cylindrique (48) au diamètre des pastilles (6) - et pourvue
20 d'une chambre cylindrique (49) au diamètre de la gaine (2) et centrée sur la sortie cylindrique (48) du canal,
- présentant des dimensions et tolérances adaptées aux dimensions desdites pastilles (6) et gaine (2), et telles que le diamètre de la sortie cylindrique (48) du canal est inférieur au diamètre intérieur de la gaine (2), aux fins de masquer l'extrémité de la gaine (2) aux
25 pastilles (6),
- présentant facultativement des dégagements longitudinaux et/ou transversaux et des ajutages pour souffler un gaz dans un sens inverse au sens du chargement et/ou aspirer les poussières et éclats.

11. Dispositif suivant l'une ou l'autre des revendications 9 et 10, caractérisé
30 en ce qu'il comprend, pour le chargement des pastilles (6) et des composants structuraux,

- 31 -

un mécanisme de poussée (50) à entraînement sensitif, comportant

- d'une part un entraînement axial par un jeu de galets (56) équipés d'un limiteur d'effort (54) à faible inertie et entraînés par un moteur (52) dont l'effort est limité en fonction de la profondeur d'introduction du poussoir (53) et de l'ordre (N) de la colonne de pastilles (6) en cours de chargement dans la même gaine (2), et
- d'autre part une tige creuse (53) de faible masse et de longueur adaptée, pour que la profondeur d'introduction de la dernière pastille (6) d'une colonne chargée dans la gaine (2) soit au moins égale à la longueur de la colonne suivante à charger dans la même gaine (2).

10 12. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un dispositif de nettoyage à sec ou légèrement humide des parties de la gaine (2) ou respectivement du crayon (1) exposées à une contamination.

15 13. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce qu'un au moins des dispositifs de nettoyage comporte un système à bandes, de matériau tissé ou non tissé, frottant à sec ou après légère humidification sur les parties de ladite gaine (2) ou respectivement du crayon (1) ayant été exposées à une contamination,

14. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que l'enceinte de confinement (10) est constituée de quatre compartiments, dont

- 20 - le quatrième et dernier (IV) comporte les dispositifs de chargement des pastilles (6) en colonnes (12) et les moyens de chargement des divers composants structuraux, autres que le ressort (7) et le second bouchon (4),
- le troisième (III) comporte des moyens de nettoyage de la partie de la gaine (2) exposée à la contamination lors du chargement,
- 25 - le deuxième (II) comporte des moyens de chargement du ressort de maintien (7) et d'emmanchement - à serrage ou non - du second bouchon (4),
- le premier compartiment (I) d'entrée/sortie comporte des moyens de contrôle de contamination et éventuellement un dispositif de nettoyage.

15. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 14 caractérisé
30 en ce que les passages étanches (24) entre compartiments comprennent au moins

- 32 -

- une vanne (26) qui peut soit être totalement fermée soit libérer un passage intégral sans contact pour une gaine (2) ou respectivement un crayon (1),
- un organe à joint d'étanchéité (28) agencé pour soit libérer un passage intégral sans contact pour une gaine (2) soit former une étanchéité autour d'une gaine (2) soit arrêtée à cet endroit soit en mouvement relatif de rotation ou de translation, et
- un dispositif de pompage du gaz emprisonné dans le volume compris entre la vanne (26) et l'organe d'étanchéité (28), tous deux fermés, et d'éventuel remplissage de ce même volume avec un autre gaz.

16. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 15, caractérisé en ce qu'au moins un dispositif d'alimentation en gaz est agencé pour alimenter lesdits compartiments - et les éventuelles chambres y installées - en divers gaz choisis parmi le groupe air, N₂, Ar, He et vide.

17. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 16, caractérisé en ce qu'il comporte un système de distribution d'hélium, en circuit soit ouvert soit fermé en recyclage ou encore une combinaison des deux, destiné à alimenter les compartiments de chargement des pastilles (6), de nettoyage subséquent et d'emmanchement du second bouchon (4).

18. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 16, caractérisé en ce que le dernier compartiment destiné au chargement des pastilles (6) comporte des moyens de chargement des pastilles (6) dans la gaine (2) sous vide.

19. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 9 à 18, caractérisé en ce que le compartiment comportant les moyens d'emmanchement comporte également un dispositif de soudage circonférentiel du second bouchon (4) à la gaine (2), lorsque ledit bouchon est monté sans serrage dans la gaine (2).

1/8

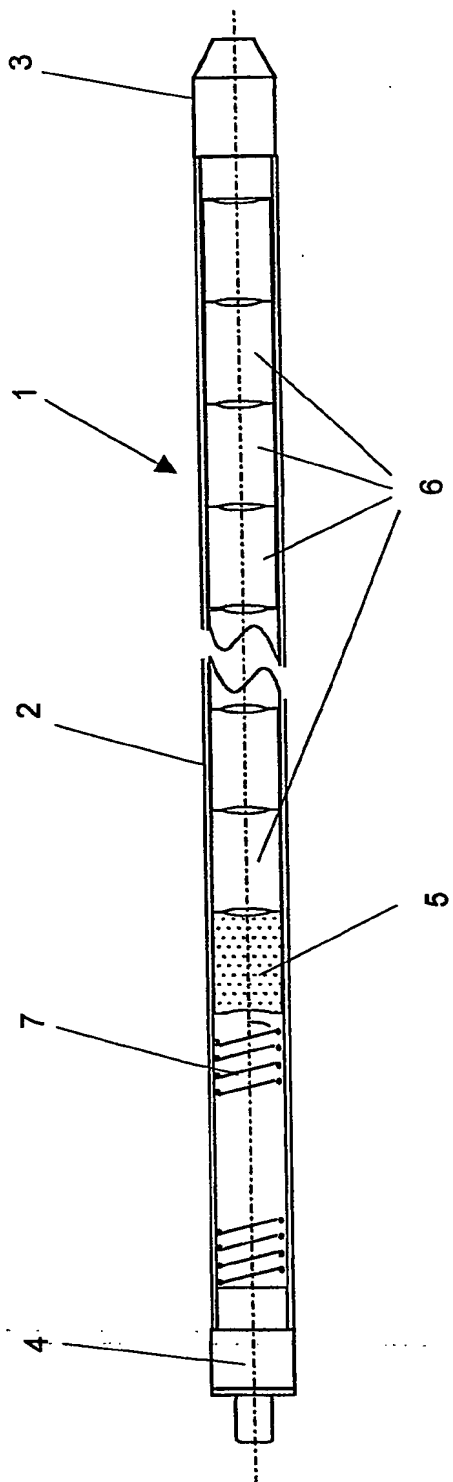
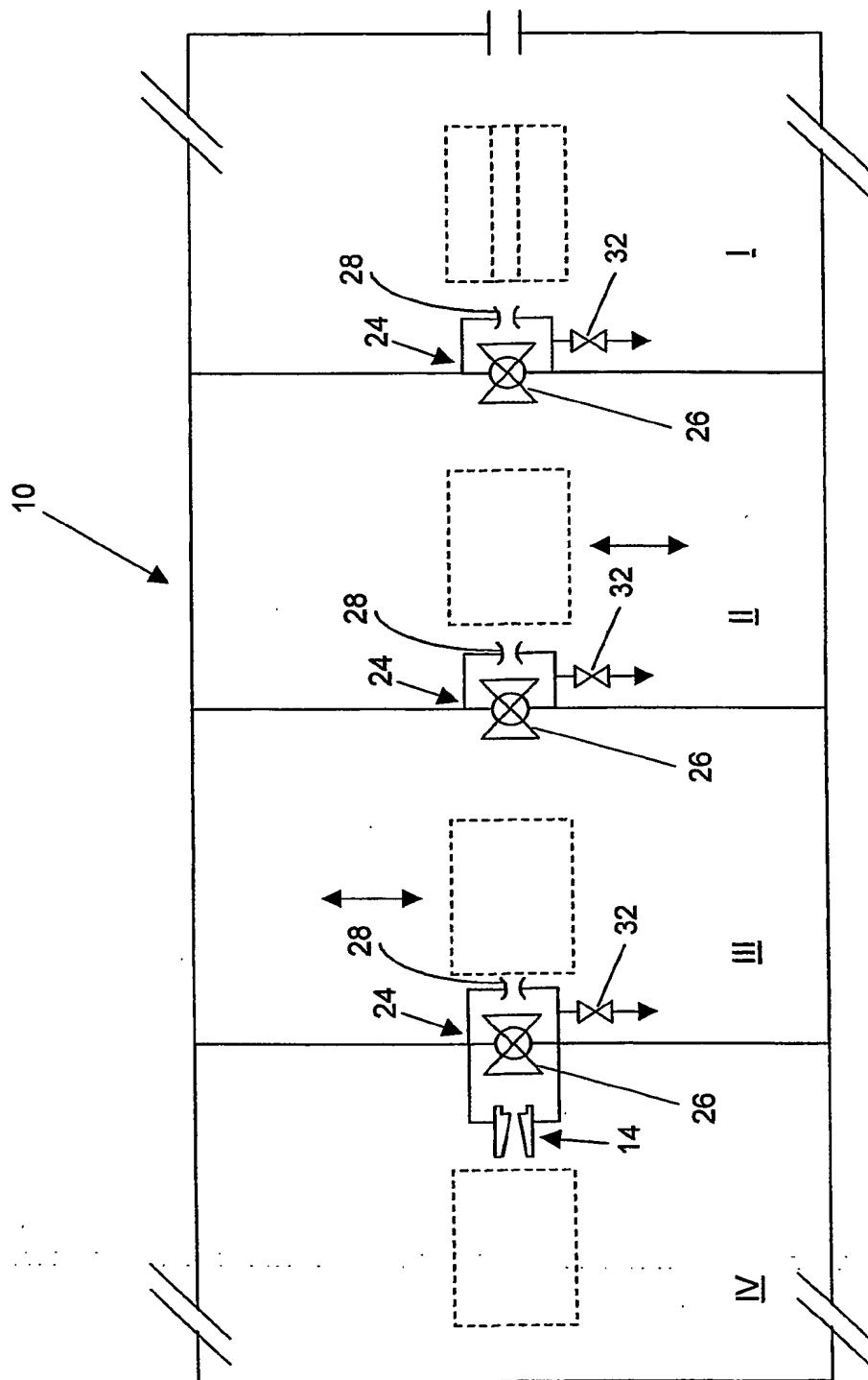
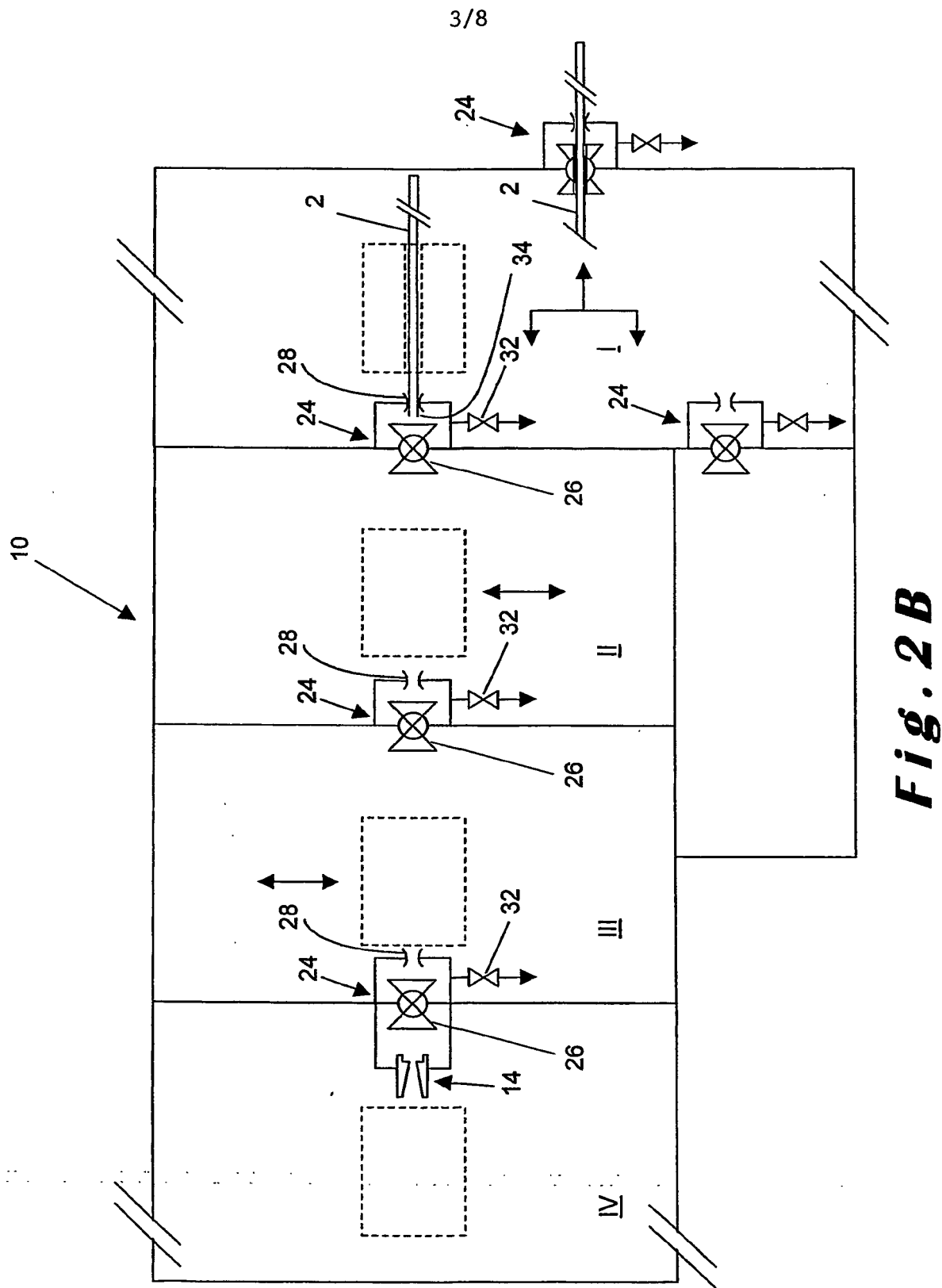
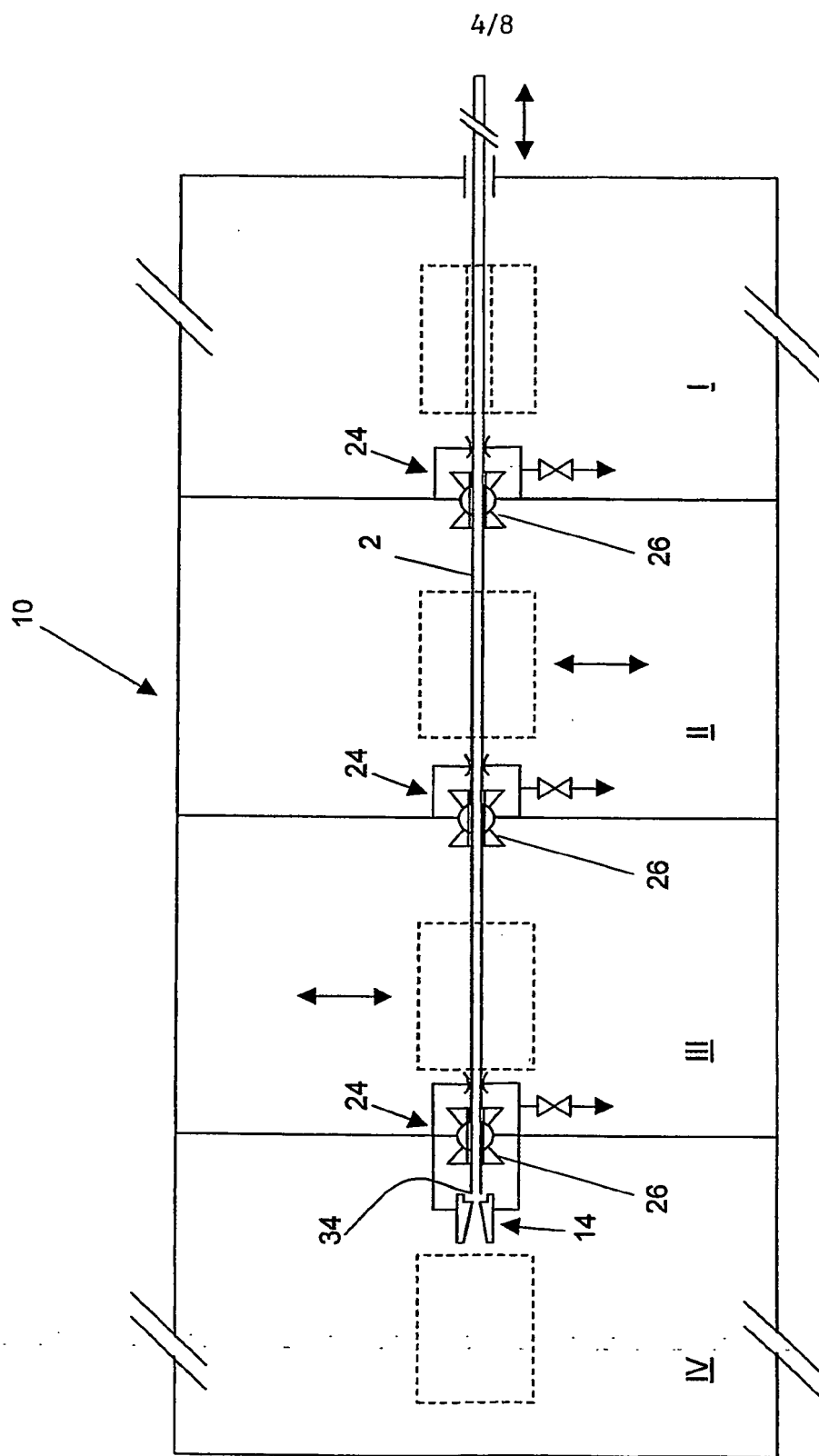


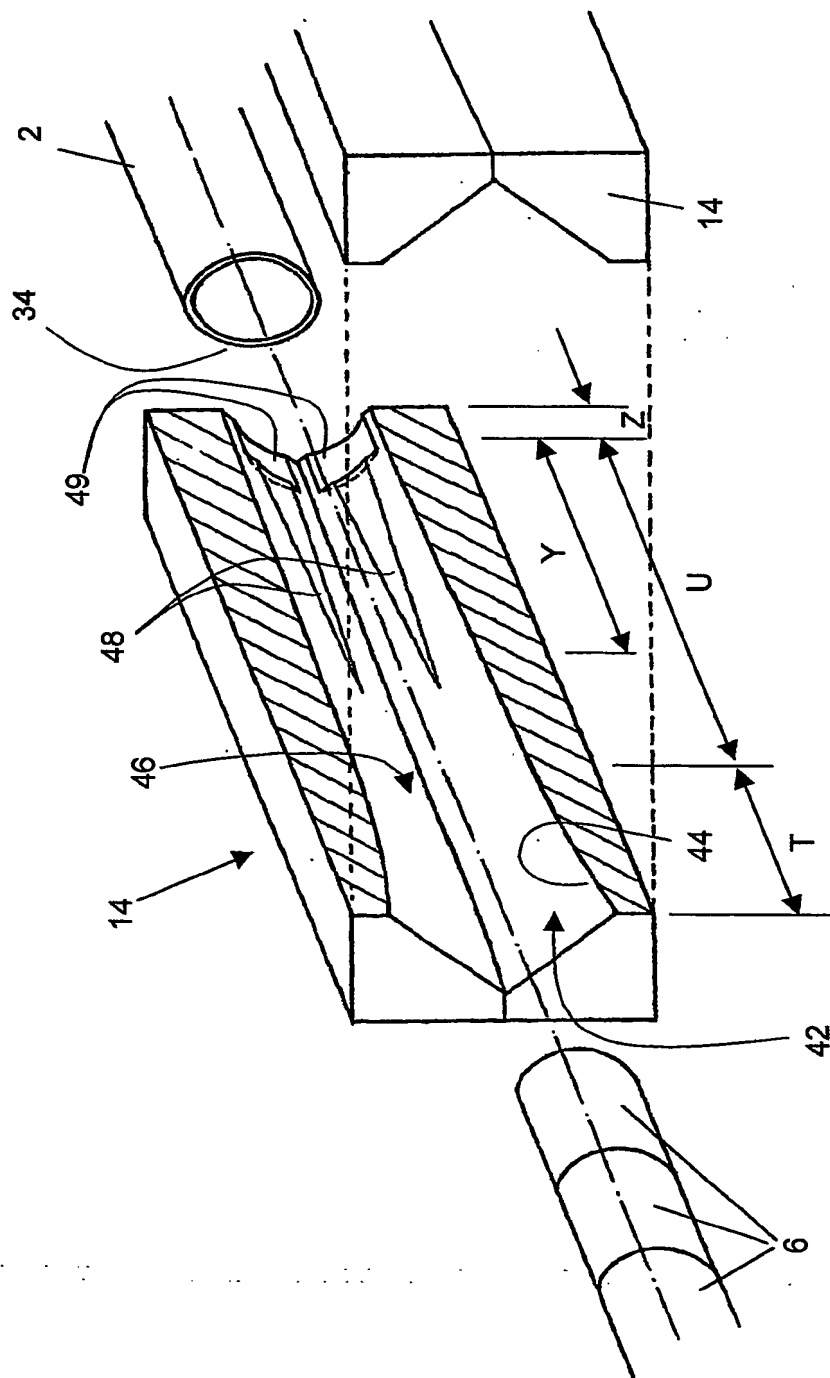
Fig. 1

**Fig. 2A**



**Fig. 2C**

5/8

**Fig. 3A**

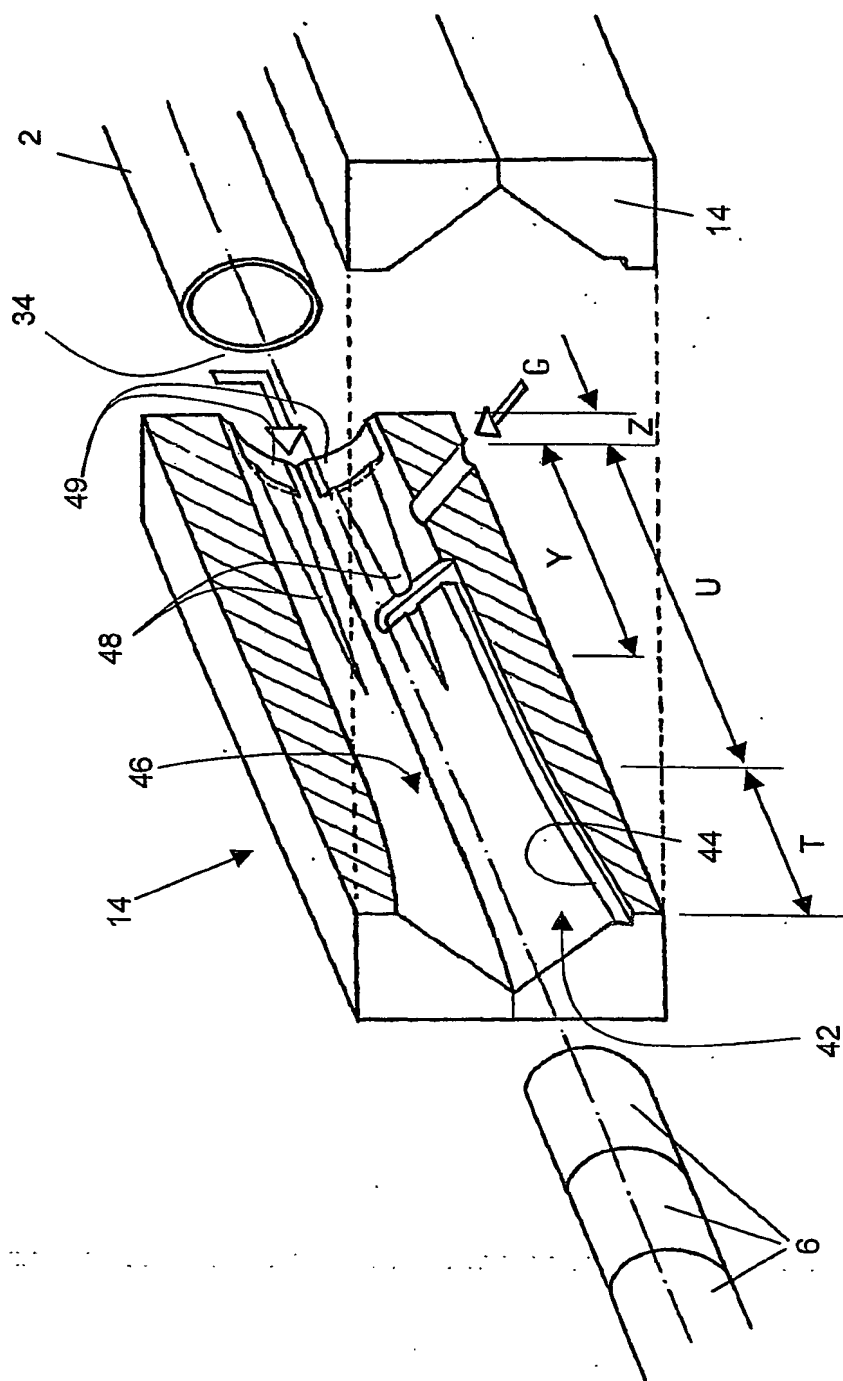
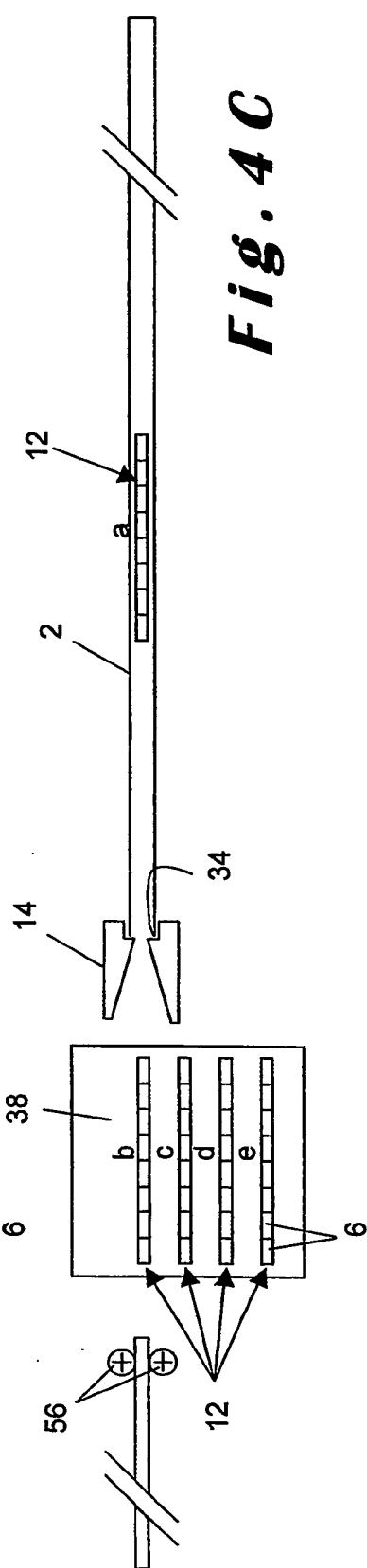
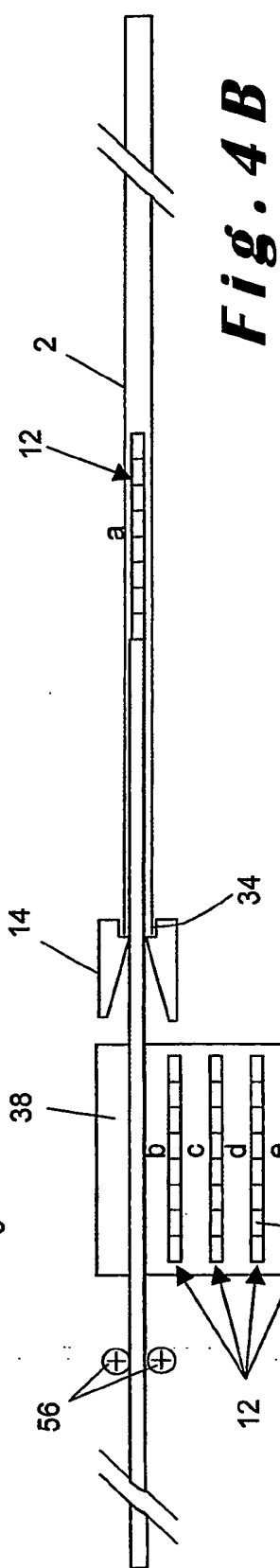
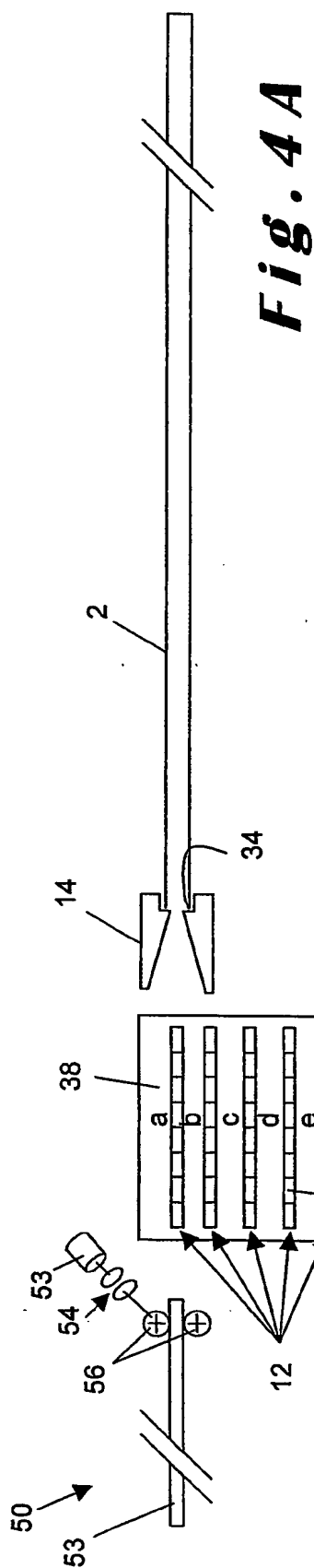
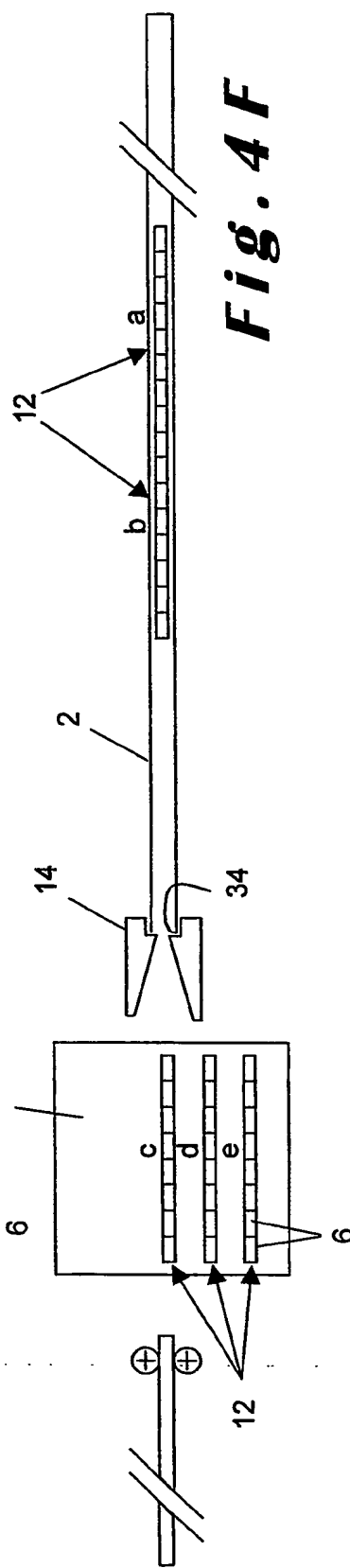
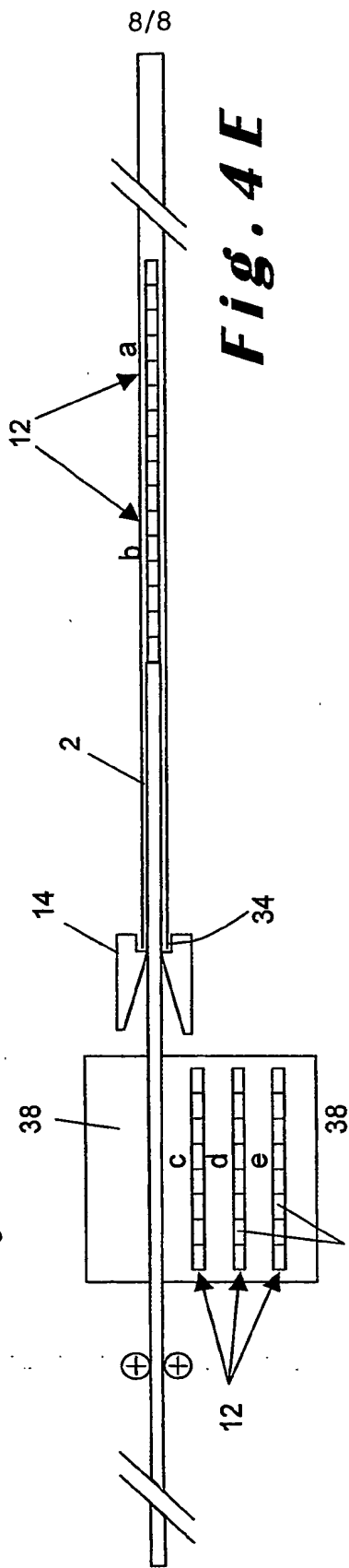
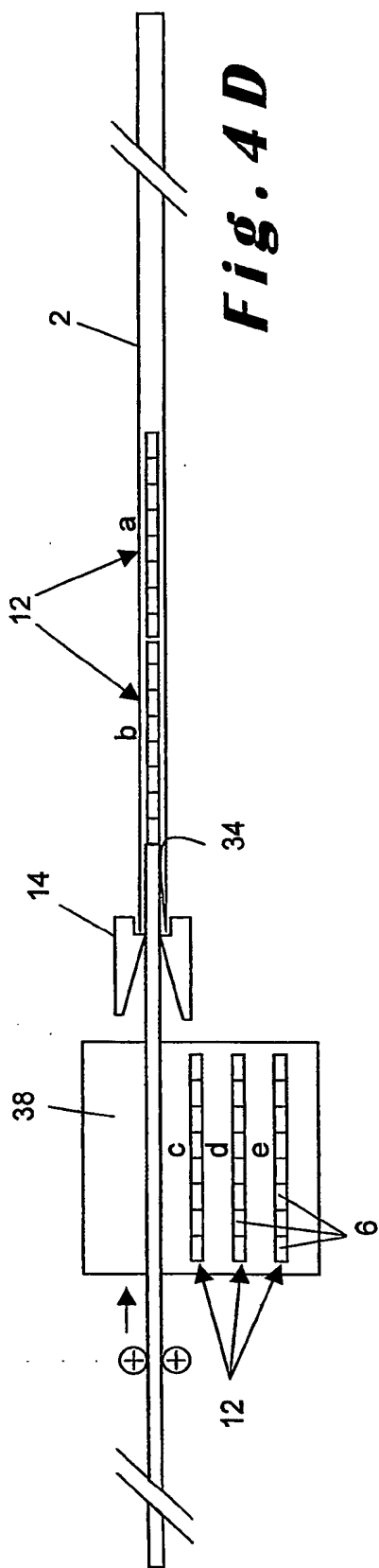


Fig. 3 B





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/BE 02/00200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G21C21/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 214 941 A (EXXON NUCLEAR CO INC) 19 August 1974 (1974-08-19) cited in the application the whole document	1,9
A	---	2-8, 10-19
Y	US 4 484 339 A (MALLOZZI PHILIP J ET AL) 20 November 1984 (1984-11-20) claim 3	1,9
A	---	7,8,16, 17
A	WO 98 26428 A (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC ;WIGG GRAEME MICHAEL (GB); ALLEN MICHAEL) 18 June 1998 (1998-06-18) cited in the application the whole document ---	1-19
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 January 2004

Date of mailing of the international search report

15/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Deroubaix, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/BE 02/00200

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 522 436 A (COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE) 2 September 1983 (1983-09-02) the whole document -----	2,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/BE 02/00200

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2214941	A	19-08-1974	US 3925965 A ES 422474 A1 FR 2214941 A1 JP 49103094 A	16-12-1975 16-04-1977 19-08-1974 28-09-1974
US 4484339	A	20-11-1984	CA 1184675 A1 EP 0058137 A2 JP 57150000 A	26-03-1985 18-08-1982 16-09-1982
WO 9826428	A	18-06-1998	AU 5232598 A WO 9826428 A1	03-07-1998 18-06-1998
FR 2522436	A	02-09-1983	FR 2522436 A1 BE 895986 A1 IT 1162829 B	02-09-1983 16-06-1983 01-04-1987

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/BE 02/00200

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G21C21/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G21C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	FR 2 214 941 A (EXXON NUCLEAR CO INC) 19 août 1974 (1974-08-19) cité dans la demande le document en entier	1,9
A	---	2-8, 10-19
Y	US 4 484 339 A (MALLOZZI PHILIP J ET AL) 20 novembre 1984 (1984-11-20) revendication 3	1,9
A	---	7,8,16, 17
A	WO 98 26428 A (BRITISH NUCLEAR FUELS PLC ;WIGG GRAEME MICHAEL (GB); ALLEN MICHAEL) 18 juin 1998 (1998-06-18) cité dans la demande le document en entier	1-19

	---/---	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

7 janvier 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/01/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Deroubaix, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/BE 02/00200

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 522 436 A (COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE) 2 septembre 1983 (1983-09-02) le document en entier -----	2,10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/BE 02/00200

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2214941	A	19-08-1974	US 3925965 A	16-12-1975
			ES 422474 A1	16-04-1977
			FR 2214941 A1	19-08-1974
			JP 49103094 A	28-09-1974
US 4484339	A	20-11-1984	CA 1184675 A1	26-03-1985
			EP 0058137 A2	18-08-1982
			JP 57150000 A	16-09-1982
WO 9826428	A	18-06-1998	AU 5232598 A	03-07-1998
			WO 9826428 A1	18-06-1998
FR 2522436	A	02-09-1983	FR 2522436 A1	02-09-1983
			BE 895986 A1	16-06-1983
			IT 1162829 B	01-04-1987

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

REC'D U 2 SEP 2005

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL



(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale No. PCT/BE 02/00200	Date du dépôt international (jour/mois/année) 24.12.2002	Date de priorité (jour/mois/année) 24.12.2002
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB G21C21/02		
Déposant BELGONUCLEAIRE SA et al.		

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☐ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications et les pages correspondantes relatives aux points suivants :
 - I ☒ Base de l'opinion
 - II ☐ Priorité
 - III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
 - IV ☐ Absence d'unité de l'invention
 - V ☒ Déclaration motivée selon la règle 66.2(a)(ii) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
 - VI ☐ Certains documents cités
 - VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
 - VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 21.06.2004	Date d'achèvement du présent rapport 01.09.2005
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Deroubaix, P N° de téléphone +49 89 2399-7592 

PCT/BE 02/00200

- ☐ de la description, pages :
- ☐ des revendications, nos :
- ☐ des dessins, feuilles :

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n°

PCT/BE 02/00200

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport.)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration			
Nouveauté	Oui:	Revendications	1-19
	Non:	Revendications	
Activité inventive	Oui:	Revendications	1-19
	Non:	Revendications	
Possibilité d'application industrielle	Oui:	Revendications	1-19
	Non:	Revendications	

2. Citations et explications

voir feuille séparée

Concernant le point V

Déclaration motivée quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

Il est fait référence aux documents suivants:

- D1: FR-A-2 214 941 (EXXON NUCLEAR CO INC) 19 août 1974 (1974-08-19)
D2: US-A-4 484 339 (MALLOZZI PHILIP J ET AL) 20 novembre 1984 (1984-11-20)

Le document D1, qui est considéré comme étant l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, décrit une méthode de fabrication de crayons de combustible non contaminés, au départ de pastilles, dans une enceinte de confinement en dépression, cette méthode comportant explicitement ou implicitement les cinq opérations exposées dans le préambule de la revendication 1.

La méthode faisant l'objet de la revendication 1 se distingue des méthodes connues pour la fabrication de crayons de combustible essentiellement en ce qu'elle comprend une division de l'enceinte de confinement en plusieurs compartiments successifs, une liaison de chaque compartiment à son voisin permettant un passage étanche de la gaine, et un échagement des dépressions dans les compartiments. Elle s'en distingue aussi par l'ordre de la succession des différentes étapes et par le fait que ces opérations sont effectuées dans des compartiments différents. Par exemple, l'emmanchement du deuxième bouchon se fait après un nettoyage et dans un autre compartiment que celui utilisé pour le nettoyage.

L'objet de la revendication 1 est donc nouveau (Article 33(2) PCT).

Dans le document D2, des dispositions similaires sont prises pour "organiser" des fuites de gaz, en particulier la division d'une enceinte de confinement en plusieurs compartiments successifs et un échagement des dépressions dans les compartiments. Cependant, compte tenu d'une part du fait que le document D2 concerne un domaine technique différent de celui de la présente demande, et d'autre part des détails de procédé revendiqués, spécifiques pour la fabrication de crayons de combustible nucléaire, il est

raisonnable de conclure que l'homme du métier ne serait pas amené de façon évidente, en combinant les caractéristiques exposées dans les différents documents mis au jour à l'occasion de la recherche, à arriver à la méthode exposée dans la revendication 1.

Cette méthode est de nature à résoudre les problèmes spécifiques rencontrés à l'occasion de la mise au point de la fabrication de crayons de combustible nucléaire, en particulier de certains types d'entre eux, ceux qui nécessitent de prendre des précautions particulières pour maîtriser la contamination et éviter ainsi le recours à des opérations de décontamination peu commodes à mettre en oeuvre.

La solution de ces problèmes proposée dans la revendication 1 de la présente demande est donc considérée comme impliquant une activité inventive (article 33(3) PCT).

De même, à l'examen des caractéristiques exposées dans la revendication indépendante 9, il apparaît que le dispositif faisant l'objet de cette revendication, conçu pour être apte à mettre en oeuvre la méthode faisant l'objet de la revendication 1, répond aux exigences du PCT en ce qui concerne la nouveauté et l'activité inventive.

Les revendications 1 à 8 dépendent de la revendication 1 et les revendications 10 à 19 dépendent de la revendication 9. Ces revendications satisfont donc également, en tant que telles, aux conditions requises par le PCT en ce qui concerne la nouveauté et l'activité inventive.